

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of: Kunihiro NAGASE et al.

Serial Number: Not Yet Assigned

Filed: April 5, 2004

For: METHOD FOR FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE

Attorney Docket No.: 042324

Customer No.: 38834

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
P. O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

April 5, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

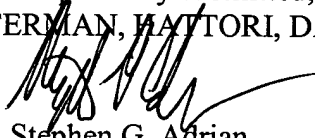
**Japanese Appln. No. 2003-430387, filed on December 25, 2003**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 50-2866.

Respectfully submitted,  
WESTERMAN, HATTORI, DANIELS & ADRIAN, LLP

  
Stephen G. Adrian  
Reg. No. 32,878

1250 Connecticut Avenue, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20036  
Tel: (202) 822-1100  
Fax: (202) 822-1111  
SGA/II

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

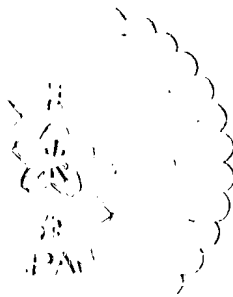
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年12月25日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-430387  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-430387]

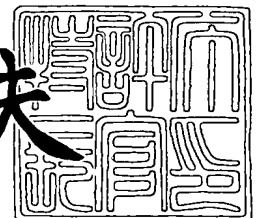
出願人 富士通株式会社  
Applicant(s):



2004年 2月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3009099

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0340946  
【提出日】 平成15年12月25日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/3065  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
                                内  
    【氏名】 長瀬 邦彦  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社  
                                内  
    【氏名】 長谷川 明広  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005223  
    【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100087479  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 北野 好人  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100114915  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 三村 治彦  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 003300  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0012600

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とはエッチング特性が異なり、所定の領域に開口部が形成されたマスク膜を形成する工程と、

前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、

前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングする

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 2】**

第 1 の領域に第 1 の開口部を有する絶縁膜を形成する工程と、

前記絶縁膜上及び前記第 1 の開口部内に、有機レジスト膜を形成する工程と、

前記有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とエッチング特性の異なるマスク膜を形成する工程と、

前記マスク膜の、前記第 1 の領域の少なくとも一部を含む第 2 の領域に、第 2 の開口部を形成する工程と、

前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、

前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングする

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、10%未満である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 4】**

請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、1～3%である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記有機レジスト膜をエッチングするチャンバ内の圧力は、25～50mTorrである

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 6】**

請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスは、フロロカーボンガスを更に含む

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 7】**

請求項 6 記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、12%未満である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 8】**

請求項 6 記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、5%以下である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 9】**

請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記混合ガスの全流量に対する前記フロロカーボンガスの流量割合は、15～25%である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 10】**

請求項 2 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法において、  
前記有機レジスト膜をエッチングする工程の後に、前記有機レジスト膜をマスクとして  
前記絶縁膜をエッチングする工程を更に有する  
ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】半導体装置の製造方法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体装置の製造方法に係り、特に、多層レジストプロセスを用いて下地加工を行う工程を有する半導体装置の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体装置の大規模・高集積化に伴い、パターンの微細化が進んでいる。半導体装置の微細化はフォトリソグラフィに用いられる露光装置の光源波長を短波長化することにより実現されており、現在では、光源として波長0.193 $\mu$ mのフッ化アルゴン（ArF）エキシマレーザが使用されるに至っている。

## 【0003】

ArFエキシマレーザを用いたフォトリソグラフィに使用されるフォトレジスト膜（ArFレジスト膜）は、半導体素子の構成材料に対するエッチング選択性が十分でないことから、ArFレジスト膜の単層をマスクとして下地加工を正確に施すことは困難である。

## 【0004】

そこで、これを解決するためのプロセスとして、多層レジストプロセスが開発されている。多層レジストプロセスは、下地加工のマスク材としての機能を高めるためにレジストを多層にし、ターゲットの層を精密に加工するプロセスである。

## 【0005】

多層レジストプロセスは、例えば特許文献1に記載されている。以下、特許文献1に記載の多層レジストプロセスについて、簡単に説明する。

## 【0006】

まず、加工対象の下地（シリコン酸化膜系の絶縁膜）上に、この下地材料に対してエッチング選択性を有する下層レジスト膜（塗布型炭素膜）と、下層レジスト膜上に対してエッチング選択性を有する酸化膜（SOG膜）と、フォトレジスト膜とを、順次形成する。

## 【0007】

次いで、フォトリソグラフィによりフォトレジスト膜をパターンニング後、このフォトレジスト膜をマスクとして酸化膜をエッチングし、フォトレジスト膜のパターンを酸化膜に転写する。

## 【0008】

次いで、パターンニングされた酸化膜をマスクとして下層レジスト膜をエッチングし、酸化膜のパターンを下層レジスト膜に転写する。

## 【0009】

次いで、下層レジスト膜をマスクとして、下地の加工を行う。

【特許文献1】特開2002-093778号公報

【特許文献2】国際公開第00/079586号パンフレット

【特許文献3】特開2001-110784号公報

【特許文献4】特開2002-110647号公報

【特許文献5】特開2002-373937号公報

【特許文献6】特開2003-045964号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0010】

しかしながら、本願発明者等が上記多層レジストプロセスのデュアルダマシンプロセスへの適用について鋭意検討を行ったところ、配線トレンチ形成前にビアホール形成を行う先ビア方式のプロセスの場合、配線トレンチの形成過程で下地構造にダメージが導入されることが判明した。

## 【0011】

本発明の目的は、多層レジストプロセスを用いた半導体装置の製造方法において、下地構造にダメージを与えることなく下層レジスト膜をパターンニングすることができるとともに、この下層レジスト膜を用いて微細なパターンを制御性よく加工することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一観点によれば、有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とはエッチング特性が異なり、所定の領域に開口部が形成されたマスク膜を形成する工程と、前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングする半導体装置の製造方法が提供される。

【0013】

また、本発明の他の観点によれば、第1の領域に第1の開口部を有する絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜上及び前記第1の開口部内に、有機レジスト膜を形成する工程と、前記有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とエッチング特性の異なるマスク膜を形成する工程と、前記マスク膜の、前記第1の領域の少なくとも一部を含む第2の領域に、第2の開口部を形成する工程と、前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングする半導体装置の製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、多層レジストを用いた先ビア方式のデュアルダマシンプロセスにおいて、配線トレンチを形成する際の下層レジスト膜のエッチングに $N_2/O_2$  或いは $N_2/O_2/CF$  ガスを用いるので、下地構造にダメージを与えることなく下層レジスト膜をパターンニングするとともに、下層レジスト膜の加工形状を垂直にすることができる。したがって、このように形成した下層レジスト膜をマスクにして下地をエッチングすることにより、微細なパターンを制御性よく加工することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を図1乃至図12を用いて説明する。

【0016】

図1乃至図5は本実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図、図6は $NH_3$  ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図、図7は $N_2/O_2$  ガスを用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフ、図8は酸素単ガス又は酸素と窒素の混合ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図、図9はチャンバ内圧力が低い場合及び高い場合のレジスト膜の断面形状を示す図、図10は $N_2/O_2$  ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図、図11は $N_2/O_2/CF_4$  ガスを用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフ、図12は $N_2/O_2/CF_4$  ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図である。

【0017】

本発明の具体的な内容を述べる前に、本発明を適用した半導体装置の製造方法について、図1乃至図5を用いて説明する。

【0018】

まず、銅を主体とする配線層12が埋め込まれた層間絶縁膜10上に、例えばCVD法により、例えば膜厚50nmのSiC膜14aと、例えば膜厚250nmのSiOC膜14bと、例えば膜厚30nmのSiC膜14cと、例えば膜厚200nmのSiOC膜14dと、例えば膜厚100nmのSiO膜14eと、例えば膜厚50nmのSiN膜14fとを、順次堆積する(図1(a))。これにより、これらの積層膜よりなる層間絶縁膜

14を形成する。ここで、SiC膜14aはバリア層として、SiC膜14cは中間ストップ層として、SiN膜14fはハードマスクとして、それぞれ用いられる。なお、層間絶縁膜10は、トランジスタ等の素子が形成された半導体基板上に形成されたものである。

#### 【0019】

次いで、層間絶縁膜14上に、例えばスピコート法により、例えば膜厚500nmの有機レジスト材料よりなるレジスト膜16aと、例えば膜厚100nmのSOG膜16bと、例えば膜厚82nmのBARC膜16cと、例えば膜厚300nmのレジスト膜16dとを形成する。これにより、層間絶縁膜14上に、これら積層膜よりなる多層レジスト膜16を形成する。ここで、レジスト膜16aは、層間絶縁膜14をエッチングする際に用いられるレジスト膜であり、SOG膜16bはレジスト膜16aをパターニングする際のハードマスクとして用いる膜であり、BARC膜16cは有機系の反射防止膜であり、レジスト膜16dは例えば感光性のArFフォトレジストである。

#### 【0020】

次いで、フォトリソグラフィにより、レジスト膜16dをパターニングし、ビアホール形成領域のレジスト膜16dを除去する(図1(b))。

#### 【0021】

次いで、レジスト膜16dをマスクとしてBARC膜16c及びSOG膜16bを異方性エッチングし、レジスト膜16dのパターンをSOG膜16bに転写する(図1(c))。BARC膜16c及びSOG膜16bは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を50mTorr、パワーを300W、エッチングガスをCF<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>流量を100sccm、エッチング時間を60秒として、異方性エッチングする。

#### 【0022】

次いで、SOG膜16bをマスクとしてレジスト膜16aをドライエッチングし、ビアホール形成領域のレジスト膜16aを除去する(図2(a))。なお、SOG膜16b上のBARC膜16c及びレジスト膜16dは、このエッチング過程で除去される。レジスト膜16aは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を20mTorr、パワーを200W、エッチングガスをN<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>流量を200/200sccm、エッチング時間を200秒として、異方性エッチングする。

#### 【0023】

次いで、レジスト膜16aをマスクとして、SiN膜14f、SiO膜14e、SiOC膜14d、SiC膜14c及びSiOC膜14bを異方性エッチングし、ビアホール18をSiC膜14a上まで開口する(図2(b))。なお、レジスト膜16a上のSOG膜16bは、このエッチング過程で除去される。SiN膜14f、SiO膜14e、SiOC膜14d、SiC膜14c及びSiOC膜14bは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を35mTorr、パワーを1000W、エッチングガスをC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>/Ar/O<sub>2</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>/Ar/O<sub>2</sub>流量を10/500/12sccm、エッチング時間を40秒として、異方性エッチングする。

#### 【0024】

次いで、アッシングにより、レジスト膜16aを除去する(図2(c))。レジスト膜16aは、プラズマアッシング装置により、例えば、チャンバ内圧力を10mTorr、パワーを300W、アッシングガスをO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>流量を300sccm、アッシング時間を48秒として、アッシングする。

#### 【0025】

次いで、例えばスピコート法により、例えば膜厚500nmの有機レジスト材料よりなるレジスト膜20aを形成する。このとき、ビアホール18がレジスト膜20aにより埋め込まれるように、レジスト膜20aを形成する(図3(a))。なお、レジスト膜20aの表面は、平坦であることが望ましい。レジスト膜20a上に形成される膜の平坦性が向上され、焦点深度の問題を考慮することなくフォトリソグラフィを行うことができるからである。



## 【0026】

次いで、レジスト膜20a上に、例えばスピンコート法により、例えば膜厚100nmのSOG膜20bと、例えば膜厚82nmのBARC膜20cと、例えば膜厚300nmのレジスト膜20dとを形成する。これにより、SiN膜14f上に、レジスト膜20a、SOG膜20b、BARC膜20c及びレジスト膜20dよりなる多層レジスト膜20を形成する。ここで、レジスト膜20aは、層間絶縁膜14をエッチングする際に用いられるレジスト膜であり、SOG膜20bはレジスト膜20aをパターンニングする際のハードマスクとして用いる膜であり、BARC膜20cは反射防止膜であり、レジスト膜20dは例えば感光性のArFフォトリソレジストである。

## 【0027】

次いで、フォトリソグラフィにより、レジスト膜20dをパターンニングし、配線トレンチ形成領域のレジスト膜20dを除去する(図3(b))。

## 【0028】

次いで、レジスト膜20dをマスクとしてBARC膜20c及びSOG膜20bを異方性エッチングし、レジスト膜20dのパターンをSOG膜20bに転写する(図4(a))。BARC膜20c及びSOG膜20bは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を50mTorr、パワーを300W、エッチングガスをCF<sub>4</sub>、CF<sub>4</sub>流量を100sccm、エッチング時間を60秒として、異方性エッチングする。

## 【0029】

次いで、SOG膜20bをマスクとしてレジスト膜20aをドライエッチングし、配線トレンチ形成領域のレジスト膜20aを除去する。この際、ビアホール18内には、レジスト膜20aを残存させる(図4(b))。なお、SOG膜20b上のBARC膜20c及びレジスト膜20dは、このエッチング過程で除去される。

## 【0030】

レジスト膜20aのエッチングは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を35mTorr、パワーを100W、エッチングガスをN<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>流量を290/10sccmとして、或いは、チャンバ内圧力を40mTorr、パワーを150W、エッチングガスをN<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>流量を250/50/5sccmとして、異方性エッチングする。なお、後述するが、本エッチング工程が本発明の主たる特徴点である。

## 【0031】

次いで、レジスト膜20aをマスクとしてSiN膜14f及びSiO膜14eを異方性エッチングし、配線トレンチ形成領域のSiN膜14f及びSiO膜14eを除去する。SiN膜14fは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を40mTorr、パワーを200W、エッチングガスをCHF<sub>3</sub>/Ar/O<sub>2</sub>、CHF<sub>3</sub>/Ar/O<sub>2</sub>流量を20/200/10sccmとして、異方性エッチングする。SiO膜14eは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を60mTorr、パワーを600W、エッチングガスをC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>/Ar/O<sub>2</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>/Ar/O<sub>2</sub>流量を30/400/20sccmとして、異方性エッチングする。

## 【0032】

次いで、レジスト膜20aをマスクとして及びSiC膜14cをストップとしてSiOC膜14dを異方性エッチングし、SiOC膜14cに配線トレンチ22を形成する。なお、レジスト膜20a上のSOG膜20bは、このエッチング過程で除去される。SiOC膜14dは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を35mTorr、パワーを100W、エッチングガスをN<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>流量を290/10sccm、エッチング時間を200秒として、異方性エッチングする。

## 【0033】

次いで、アッシングにより、レジスト膜20aを除去する。レジスト膜20aは、プラズマアッシング装置により、例えば、チャンバ内圧力を10mTorr、パワーを300W、アッシングガスをO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>流量を300sccm、アッシング時間を48秒として

、アッシングする。

#### 【0034】

次いで、ビアホール18底のSiC膜14aを異方性エッチングし、ビアホール18を配線層12上まで開口する(図5(a))。SiC膜14aは、例えば、反応性プラズマエッチング装置により、チャンバ内圧力を50mTorr、パワーを400W、エッチングガスを $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ 、 $\text{CH}_2\text{F}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ 流量を20/200/25sccmとして、異方性エッチングする。

#### 【0035】

次いで、バリアメタル及びCuシードをスパッタ法により堆積した後、Cuメッキを行う。これにより、ビアホール18及び配線トレンチ22をバリアメタル24及びCu膜26により埋め込む(図5(b))。

#### 【0036】

次いで、Cu膜26及びバリアメタル24をCMP法により研磨し、Cu膜26及びバリアメタル24をビアホール18内及び配線トレンチ22内に選択的に残存させる。こうして、ビアホール18内及び配線トレンチ22内に、バリアメタル24及びCu膜26よりなり、配線層12に接続された配線層28を形成する(図5(c))。

#### 【0037】

以後、必要に応じて配線層28上に繰り返し配線層を形成し、多層配線を有する半導体装置を完成する。

#### 【0038】

上述の半導体装置の製造方法において、本発明は、図4(b)に示す工程でレジスト膜20aをエッチングする際に、エッチングガスとして、 $\text{N}_2/\text{O}_2$  或いは $\text{N}_2/\text{O}_2/\text{CF}$ ガスを用いることに主たる特徴がある。

#### 【0039】

従来、層間絶縁膜をエッチングする際にマスクとして用いられる有機レジスト膜のエッチングには、 $\text{NH}_3$  や $\text{N}_2/\text{H}_2$  が広く用いられてきた。しかしながら、本願発明者等が鋭意検討を行ったところ、上述の半導体装置の製造方法において、図4(b)に示す工程で $\text{NH}_3$  や $\text{N}_2/\text{H}_2$  を用いてレジスト膜20aをエッチングすると、層間絶縁膜10達する亀裂が生じることが判明した。

#### 【0040】

図6は、 $\text{NH}_3$  のエッチングガスを用いてレジスト膜20aをエッチングした場合における断面構造を、走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。図6(a)はレジスト膜20aのエッチング直後の断面形状、図6(b)はSiN膜14f及びSiO膜14eのエッチング直後の断面形状、図6(c)は配線トレンチ22形成後、アッシング前の断面形状である。

#### 【0041】

図6(a)から判るように、レジスト膜20aのエッチング直後、レジスト膜20aとビアホール18の側壁との間に、亀裂が観察される(図中、○で囲った部分)。この亀裂は、SiN膜14f及びSiO膜14eのエッチング後には、より大きな亀裂となる(図6(b)参照)。そして、配線トレンチ22形成後には、亀裂は更に大きくなっており、配線層12が埋め込まれた層間絶縁膜10にまで達している(図6(c))。このような亀裂は半導体装置の信頼性に多大な影響を及ぼすことが予測されるため、発生を防止する必要がある。

#### 【0042】

レジスト膜20aとビアホール18の側壁との間に亀裂が生じるメカニズムは明らかではないが、 $\text{NH}_3$  や $\text{N}_2/\text{H}_2$  のエッチングガスがレジスト膜20aとビアホール18の側壁との界面に何らかの作用を及ぼし、これらの密着性を低下させているものと考えられる。

#### 【0043】

かかる背景において、本願発明者等がレジスト膜20aのエッチング条件について鋭意

検討した結果、エッチングに用いるガスとして、 $N_2/O_2$  或いは  $N_2/O_2/CF$  を用い、チャンバ圧力及びエッチングガス流量を適宜制御することにより、レジスト膜 20a とビアホール 18 の側壁との間に亀裂が発生するのを防止するとともに、レジスト膜 20a を良好な垂直加工形状でエッチングできることが初めて明らかとなった。

#### 【0044】

以下、本願発明者等が見出したエッチング条件の詳細について説明する。

#### 【0045】

多層レジストプロセスを用いた場合、下層レジストの加工は酸素単ガスで行うのが一般的である。しかしながら、酸素単ガスプロセスを下層レジストのエッチングに用いた場合、横方向のエッチングも進みやすく、レジスト膜の加工形状はボーイング形状となる。半導体装置のパターンサイズが比較的大きい場合にはこのようなボーイング形状は問題とはならない。しかしながら、微細なパターンを加工する場合にはこのボーイング形状が問題となり、微細なパターンを正確に加工する際の障害となる。

#### 【0046】

そこで、本願発明者等は、酸素ガスを用いたエッチングを上記半導体装置の製造方法においてレジスト膜 20a のエッチングに適用できるかを検討するに加え、ボーイング形状を防止する手段について模索した。その結果、エッチングガスとして、 $N_2/O_2$  或いは  $N_2/O_2/CF$  を用い、チャンバ圧力及びエッチングガス流量を適宜制御することにより、レジスト膜 20a を良好な垂直加工形状でエッチングするとともに、レジスト膜 20a とビアホール 18 の側壁との間に亀裂が発生するのを防止できた。

#### 【0047】

図 7 は  $N_2/O_2$  ガスを用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフである。縦軸は、ボーイング量であり、マスクの開口幅を A、このマスクを用いてレジスト膜 20a に形成した開口部の最大幅を B として、 $B-A$  で規定した。横軸は、全ガス流量に対する酸素ガスの流量割合 (%) であり、酸素ガスの流量割合は、酸素ガスを窒素ガスにより希釈することにより制御した。なお、他のエッチング条件は、チャンバ内圧力を 35 mTorr、パワーを 100 W、 $N_2$  及び  $O_2$  の総流量は 300 sccm 固定とした。

#### 【0048】

図示するように、ボーイング量は、酸素ガスの流量割合を下げることにより減少する。酸素の流量割合が 10% よりも低くなるとボーイング量は急激に減少し、5% では約 5 nm、1~3% では約 2 nm まで減少する。なお、酸素ガスに混合するガスは、窒素が望ましい。窒素の代わりに例えばアルゴンを混合しても、ボーイングを抑制することはできない。このメカニズムについては明らかではないが、窒素が加工部の側壁を保護するように作用しているものと考えられる。

#### 【0049】

図 8 (a) は、酸素単ガスを用いてレジスト膜 20a をエッチングした際の断面形状を走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。エッチング条件は、チャンバ内圧力を 80 mTorr、パワーを 100 W、 $O_2$  流量を 250 sccm とした。図示するように、レジスト膜 20a はボーイング形状となり、微細化には適していない。

#### 【0050】

図 8 (b) は、酸素と窒素の混合ガスを用いてレジスト膜 20a をエッチングした際の断面形状を走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。エッチング条件は、チャンバ内圧力を 35 mTorr、パワーを 100 W、 $N_2/O_2$  流量を 290/10 sccm (酸素流量比: 3.3%) とした。図示するように、レジスト膜 20a の加工形状は垂直となり、ボーイング形状は発生していない。また、レジスト膜 20a とビアホール 18 との間にも、亀裂は生じていない。

#### 【0051】

レジスト膜 20a の加工形状は、チャンバ内圧力によっても変化する。

#### 【0052】

図 9 (a) は、低圧下において酸素と窒素の混合ガスを用いてレジスト膜 20a をエッ

エッチングした際の断面形状を走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。エッチング条件は、チャンバ内圧力を  $15\text{ mTorr}$  とした他は、図 8 (b) の場合の条件と同じである。図示するように、エッチングガスに窒素を添加した場合でも、チャンバ内圧力が  $15\text{ mTorr}$  と低い場合には、溝や孔の底部外周に底部中央の深さよりも深い溝を有する形状、いわゆるサブトレンチ形状となり、後のエッチングに影響を及ぼす。

#### 【0053】

図 9 (b) は、高圧下において酸素と窒素の混合ガスを用いてレジスト膜 20 a をエッチングした際の断面形状を走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。エッチング条件は、チャンバ内圧力が  $150\text{ mTorr}$  と高いほかは、図 8 (b) の場合の条件と同じである。図示するように、チャンバ内圧力が  $150\text{ mTorr}$  と高い場合には、レジスト膜 20 a はボーイング形状となり、微細化には適していない。

#### 【0054】

レジスト膜 20 a のエッチングとして  $\text{N}_2/\text{O}_2$  を用いる場合、酸素ガスの流量割合は、10%未満、好ましくは5%以下、更に好ましくは1~3%に設定することが望ましい。なお、酸素ガスの流量割合の上限値は、許容されるボーイング量に応じて適宜設定することができる。また、酸素ガスの流量割合を下げるとエッチングレートが低下するため、酸素ガスの流量割合の下限值は、所望のエッチングレートに応じて適宜設定することができる。

#### 【0055】

また、チャンバ内圧力は、 $25\sim 50\text{ mTorr}$ 、より好ましくは $30\sim 40\text{ mTorr}$ に設定することが望ましい。圧力が $25\text{ mTorr}$ 未満では、レジスト膜 20 a のエッチングレートが極端に遅くなり、図 9 (a) に示すようなサブトレンチ形状になることもあるからである。一方、圧力が $50\text{ mTorr}$ よりも高い場合には、酸素添加の効果が増長され、図 9 (b) に示すようなボーイング形状になりやすいからである。

#### 【0056】

図 10 は、 $\text{N}_2/\text{O}_2$  ガスを用いてレジスト膜 20 a をエッチングした場合における断面構造を、走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。図 10 (a) はレジスト膜 20 a のエッチング直後の断面形状、図 10 (b) は  $\text{SiN}$  膜 14 f 及び  $\text{SiO}$  膜 14 e のエッチング直後の断面形状、図 10 (c) は配線トレンチ 22 形成及びアッシング後の断面形状である。

#### 【0057】

図 10 (a) から判るように、レジスト膜 20 a のエッチング直後、レジスト膜 20 a とビアホール 18 の側壁との間には、亀裂は生じていない。また、レジスト膜 20 a の加工形状は垂直である。そして、配線トレンチ 22 形成後 (図 10 (b))、更には配線トレンチ形成後 (図 10 (c)) にも、亀裂は生じていない。

#### 【0058】

レジスト膜 20 a のエッチングガスとしては、 $\text{N}_2/\text{O}_2$  ガスほか、 $\text{N}_2/\text{O}_2/\text{CF}$  ガスを用いることも可能である。 $\text{CF}$  ガス (フロロカーボンガス) は、エッチング加工部の側壁に保護膜を形成するため、ボーイングを防止する効果が期待できる。したがって、 $\text{CF}$  ガスを用いることにより、レジスト膜 20 a をエッチングする際のプロセスウィンドウを拡大することが可能となる。なお、 $\text{CF}$  ガスとしては、通常の半導体プロセスに使用されている  $\text{C}_x\text{F}_y$  や  $\text{CH}_a\text{F}_b$ 、より具体的には、 $\text{C}_3\text{F}_6$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_6$ 、 $\text{C}_5\text{F}_8$ 、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$  等を適用することができる。

#### 【0059】

図 11 は、 $\text{N}_2/\text{O}_2/\text{C}_4\text{F}_6$  を用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフである。縦軸は、ボーイング量であり、マスクの開口幅を A、このマスクを用いてレジスト膜 20 a に形成した開口部の最大幅を B として、 $B-A$  で規定した。横軸は、全ガス流量に対する酸素ガスの流量割合 (%) であり、酸素ガスの流量割合は窒素ガスの流量により制御した。なお、具体的なエッチング条件は、チャンバ内圧力を  $35\text{ mTorr}$ 、パワーを  $100\text{ W}$ 、 $\text{CF}$  ガスとしての  $\text{C}_4\text{F}_6$  流量を  $60\text{ sccm}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$  及び

C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> の総流量は 300 sccm 固定とした。

【0060】

図示するように、ボーイング量は、酸素ガスの流量割合を下げることにより減少する。酸素の流量割合が 12% よりも低くなるとボーイング量は急激に減少し、7% では約 6 nm、3~5% では約 1 nm まで減少する。

【0061】

図 12 は、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> を用いてレジスト膜 20a をエッチングした際の断面形状を走査型電子顕微鏡により撮影した結果を示す図である。エッチング条件は、チャンバ内圧力を 35 mTorr、パワーを 100 W、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> 流量を 250/5/50 sccm (酸素流量比: 約 1.6%) とした。図示するように、レジスト膜 20a の加工形状は垂直となり、ボーイング形状は発生していない。また、レジスト膜 20a とビアホール 18 との間にも、亀裂は生じていない。

【0062】

レジスト膜 20a のエッチングガスとして N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/CF を用いる場合、酸素ガスの流量割合は、12% 未満、好ましくは 7% 以下、更に好ましくは 5% 以下に設定することが望ましい。なお、酸素ガスの流量割合の上限値は、許容されるボーイング量に応じて適宜設定することができる。また、酸素ガスの流量割合を下げるとエッチングレートが低下するため、酸素ガスの流量割合の下限値は、所望のエッチングレートに応じて適宜設定することができる。

【0063】

また、CF ガスの流量割合は、15~25% に設定することが望ましい。CF ガスの流量割合が 15% よりも少ないと保護膜形成の効果が十分ではなく、25% より多いとマスクとして用いる無機膜 (SOG 膜 20b) をもエッチングされてしまうからである。

【0064】

このように、レジスト膜 20a のエッチングの際に、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> のエッチングガスを用いる場合にあっては、酸素ガスの流量割合を、10% 未満、好ましくは 5% 以下、更に好ましくは 1~3% に設定し、チャンバ内圧力を、25~50 mTorr、より好ましくは 30~40 mTorr に設定し、N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/CF のエッチングガスを用いる場合にあっては、酸素ガスの流量割合を、12% 未満、好ましくは 7% 以下、更に好ましくは 5% 以下に設定し、CF ガスの流量割合を 15~25% に設定することにより、レジスト膜 20a とビアホール 18 の側壁との間に亀裂が発生するのを防止するとともに、レジスト膜 20a を良好な垂直加工形状でエッチングすることができる。

【0065】

このように、本実施形態によれば、多層レジストを用いた先ビア方式のデュアルダマシンプロセスにおいて、配線トレンチを形成する際の下層レジスト膜のエッチングに N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 或いは N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/CF ガスを用いるので、ビアホール内に埋め込まれた下層レジスト膜と層間絶縁膜との間に亀裂が生じることを防止できる。また、下層レジスト膜の加工形状を垂直にすることができる。

【0066】

[変形実施形態]

本発明は上記実施形態に限らず種々の変形が可能である。

【0067】

例えば、上記実施形態では、多層レジストを用いた先ビア方式のデュアルダマシンプロセスにおける配線トレンチの形成工程に本発明を適用したが、他の工程に適用するようにしてもよい。例えば、図 2 (a) に示すビアホール 18 の形成工程に本発明を適用してもよい。本発明のエッチング方法を適用することにより、レジスト膜 16a を垂直に加工でき、微細化に好適である。

【0068】

また、上記実施形態では、SiN/SiO/SiOC/SiC/SiOC/SiC 構造の層間絶縁膜にデュアルダマシン法により配線層を埋め込む方法を示したが、層間絶縁膜

の構成材料や積層構造はこれに限定されるものではない。

【0069】

以上詳述した通り、本発明の特徴をまとめると以下の通りとなる。

【0070】

(付記1) 有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とはエッチング特性が異なり、所定の領域に開口部が形成されたマスク膜を形成する工程と、  
前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、  
前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0071】

(付記2) 第1の領域に第1の開口部を有する絶縁膜を形成する工程と、  
前記絶縁膜上及び前記第1の開口部内に、有機レジスト膜を形成する工程と、  
前記有機レジスト膜上に、前記有機レジスト膜とエッチング特性の異なるマスク膜を形成する工程と、  
前記マスク膜の、前記第1の領域の少なくとも一部を含む第2の領域に、第2の開口部を形成する工程と、  
前記マスク膜をマスクとして前記有機レジスト膜をエッチングする工程とを有し、  
前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて前記有機レジスト膜をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0072】

(付記3) 付記1又は2記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、10%未満であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0073】

(付記4) 付記1又は2記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、1～3%であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0074】

(付記5) 付記1乃至4のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、  
前記有機レジスト膜をエッチングするチャンバ内の圧力は、25～50mTorrである  
ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0075】

(付記6) 付記1又は2記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスは、フロロカーボンガスを更に含む  
ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0076】

(付記7) 付記6記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、12%未満であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0077】

(付記8) 付記6記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスの全流量に対する酸素ガスの流量割合は、5%以下であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0078】

(付記9) 付記6乃至8のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、  
前記混合ガスの全流量に対する前記フロロカーボンガスの流量割合は、15～25%である

ことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0079】

(付記10) 付記2乃至9のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、前記有機レジスト膜をエッチングする工程では、前記第1の開口部の少なくとも底部に前記有機レジスト膜が残存するように、前記有機レジスト膜をエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0080】

(付記11) 付記2乃至10のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、前記有機レジスト膜を形成する工程では、前記有機レジスト膜の表面が平坦となるように、前記有機レジスト膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0081】

(付記12) 付記2乃至11のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、前記有機レジスト膜をエッチングする工程の後に、前記有機レジスト膜をマスクとして前記絶縁膜をエッチングする工程を更に有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0082】

(付記13) 付記2乃至12のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、前記絶縁膜は、SiO膜、SiN膜、SiC膜及びSiOC膜を含む群から選択された1又は2以上の膜を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0083】

(付記14) 付記2乃至13のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、前記第1の領域は、ビアホール形成領域であり、前記第2の領域は、配線トレンチ形成領域であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図（その1）である。

【図2】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図（その2）である。

【図3】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図（その3）である。

【図4】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図（その4）である。

【図5】本発明の一実施形態による半導体装置の製造方法を示す工程断面図（その5）である。

【図6】NH<sub>3</sub> ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図である。

【図7】N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> ガスを用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフである。

【図8】酸素単ガス又は酸素と窒素の混合ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図である。

【図9】チャンバ内圧力が低い場合及び高い場合のレジスト膜の断面形状を示す図である。

【図10】  $N_2 / O_2$  ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図である。

【図11】  $N_2 / O_2 / C_4 F_6$  ガスを用いた場合のボーイング量の酸素流量比依存性を示すグラフである。

【図12】  $N_2 / O_2 / C_4 F_6$  ガスを用いてレジスト膜をエッチングした場合の断面形状を示す図である。

【符号の説明】

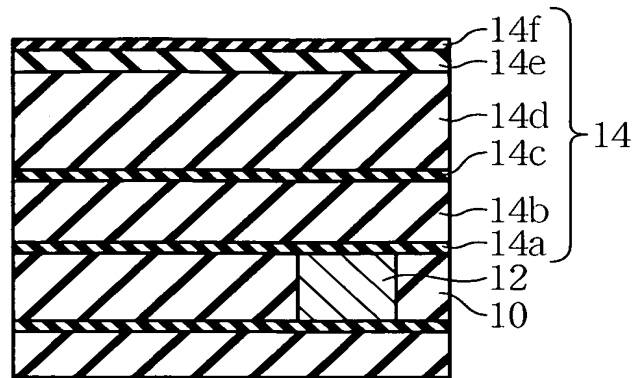
【0085】

- 10…層間絶縁膜
- 12…配線層
- 14…層間絶縁膜
- 14a, 14c…SiC膜
- 14b, 14d…SiOC膜
- 14e…SiO膜
- 14f…SiN膜
- 16a, 20a…レジスト膜
- 16b, 20b…SOG膜
- 16c, 20c…BARC膜
- 16d, 20d…レジスト膜
- 18…ビアホール
- 22…配線トレンチ
- 24…バリアメタル
- 26…Cu膜
- 28…配線層

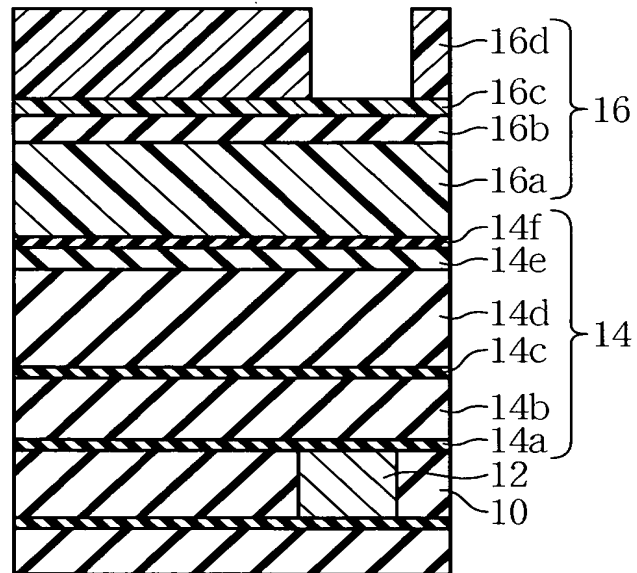


【書類名】 図面  
【図 1】

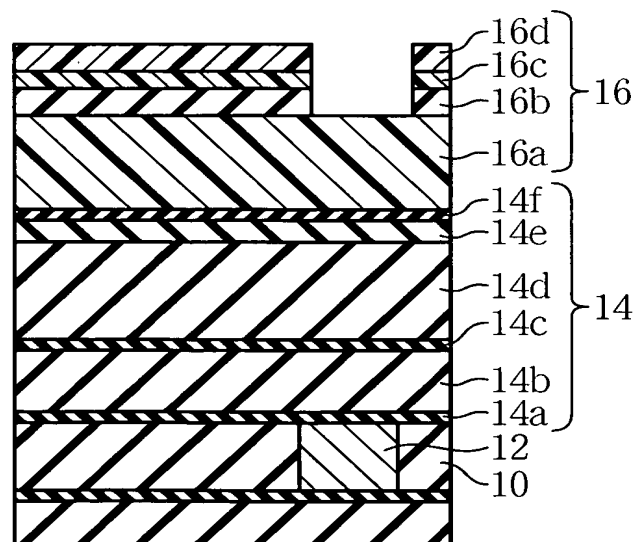
(a)



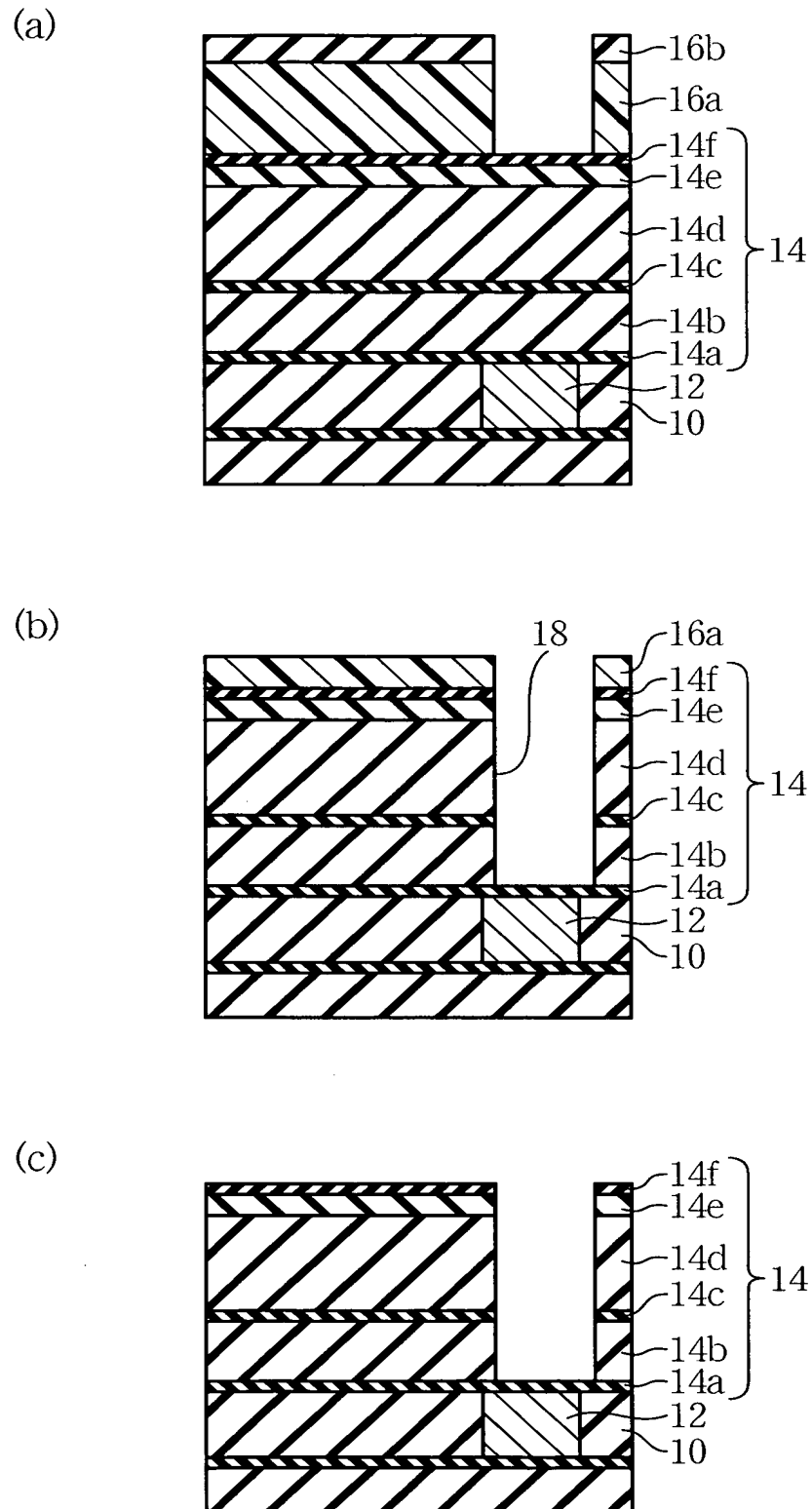
(b)



(c)

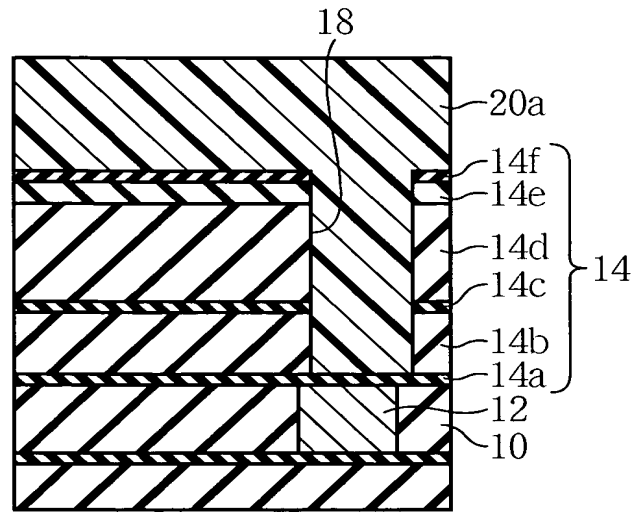


【図 2】

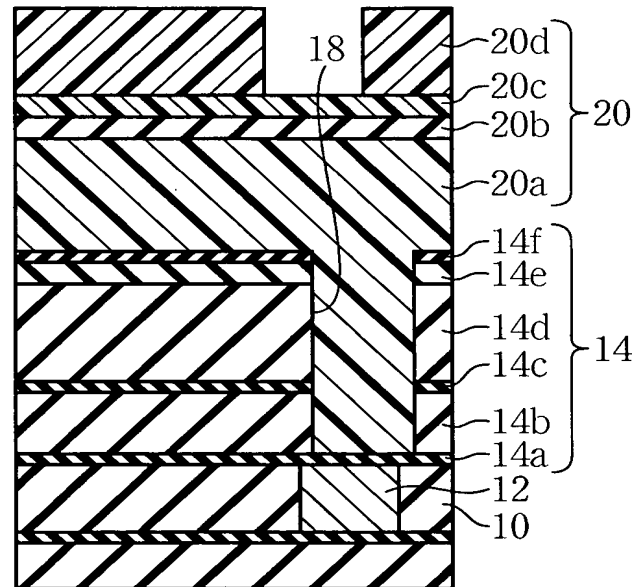


【図 3】

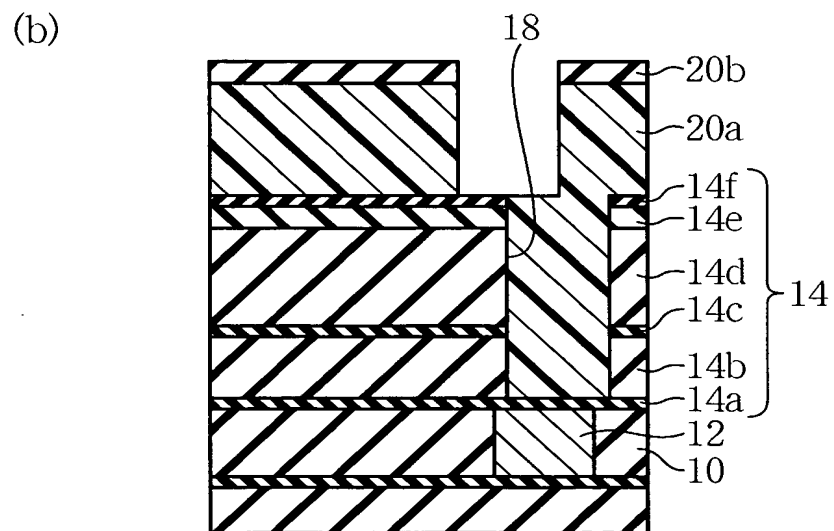
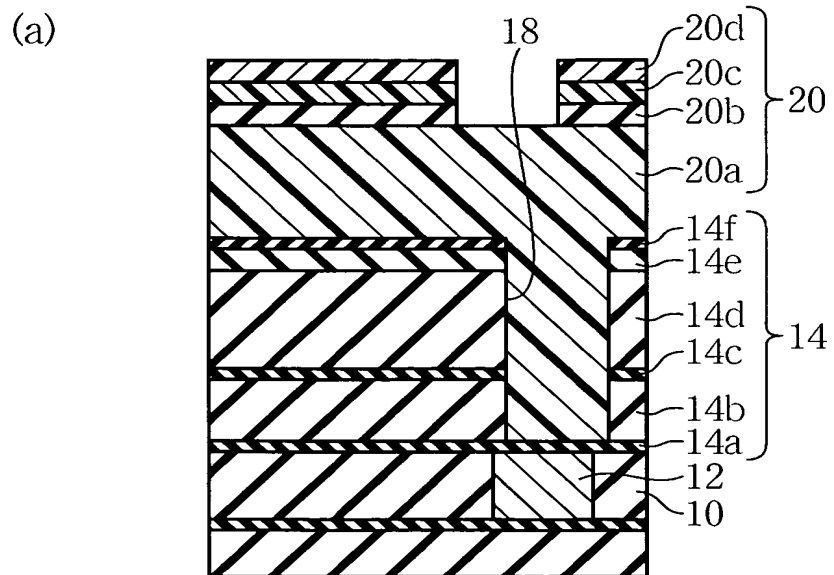
(a)



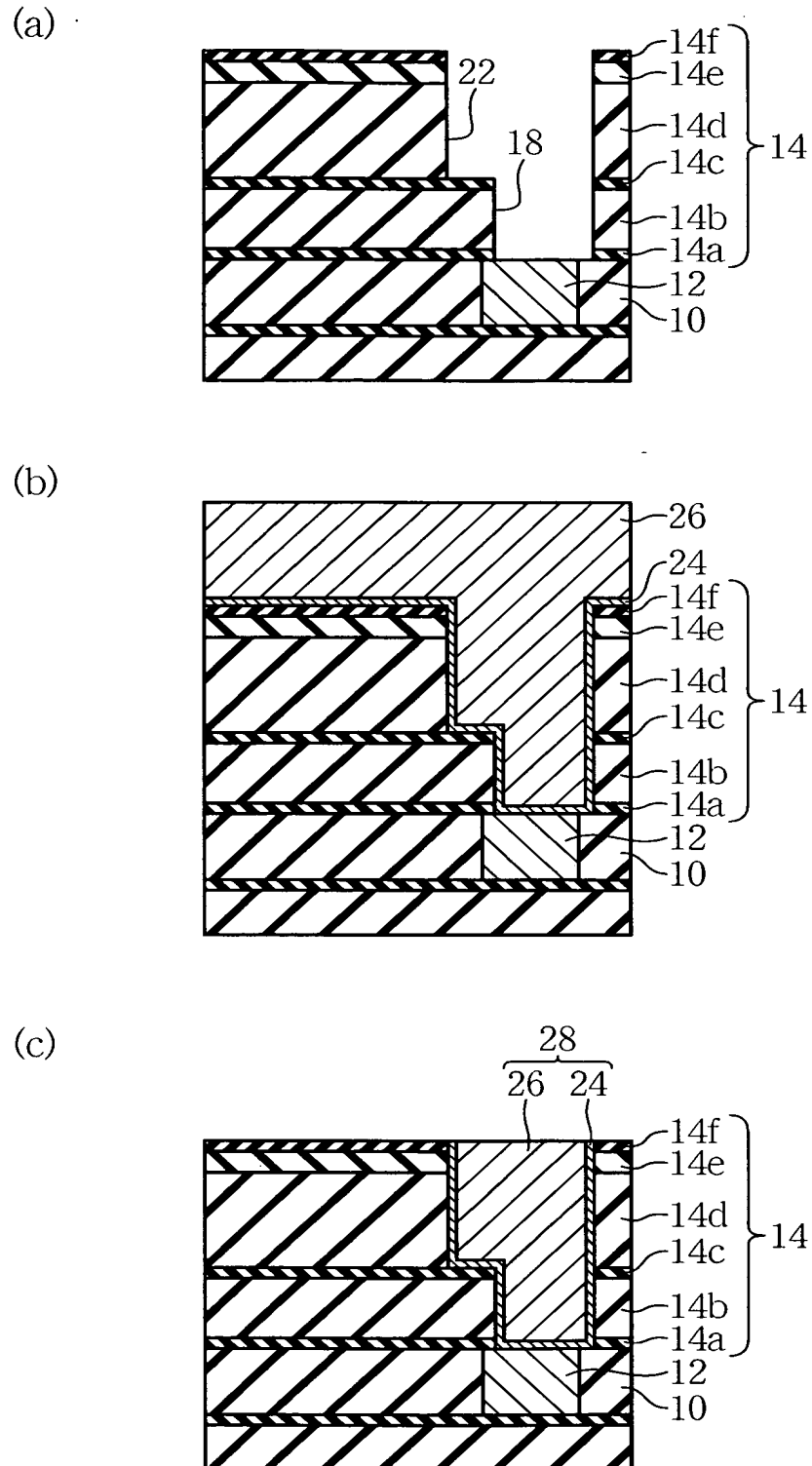
(b)



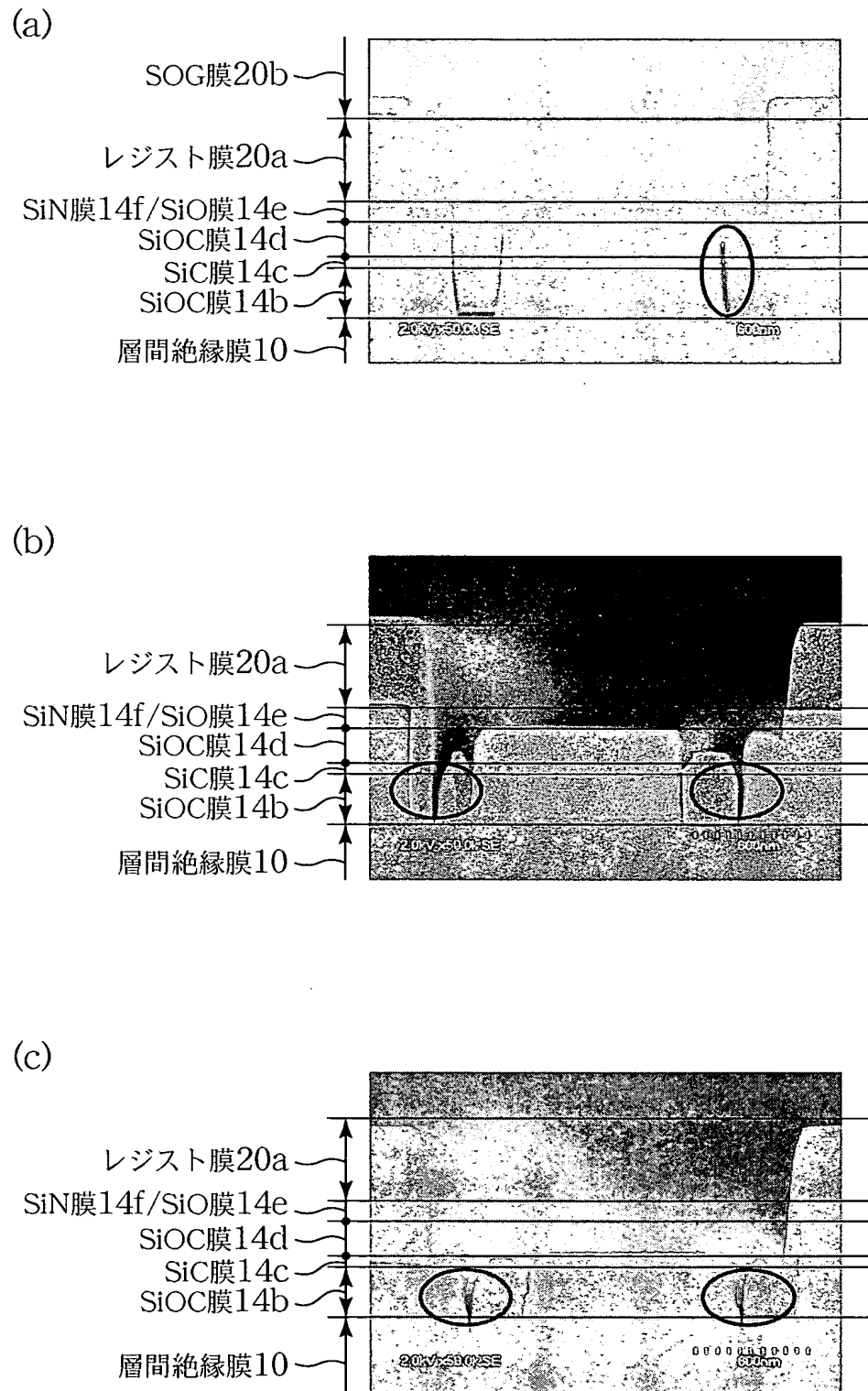
【図 4】



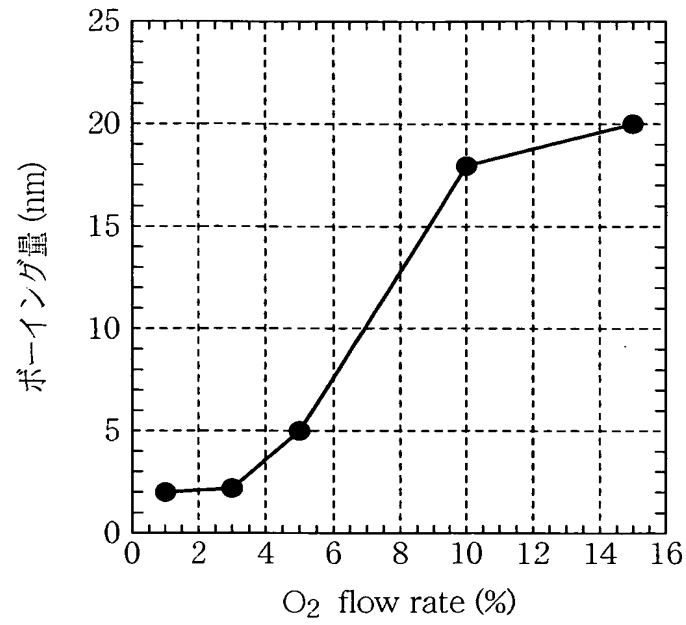
【図 5】



【図 6】

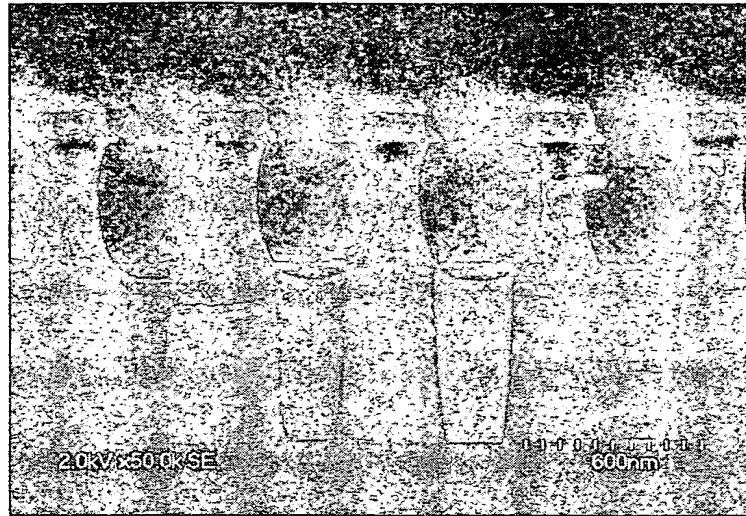


【図 7】

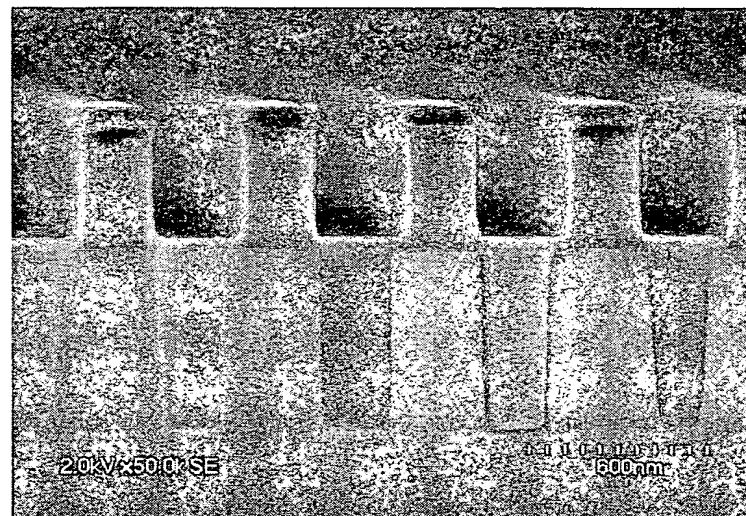


【図 8】

(a)



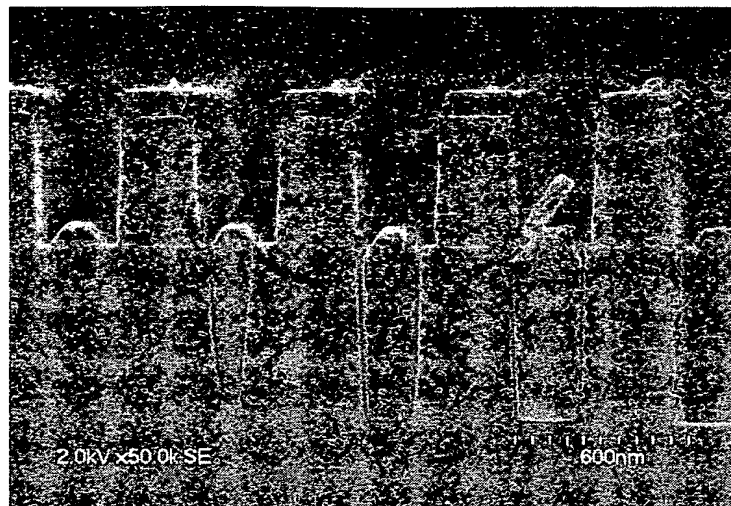
(b)



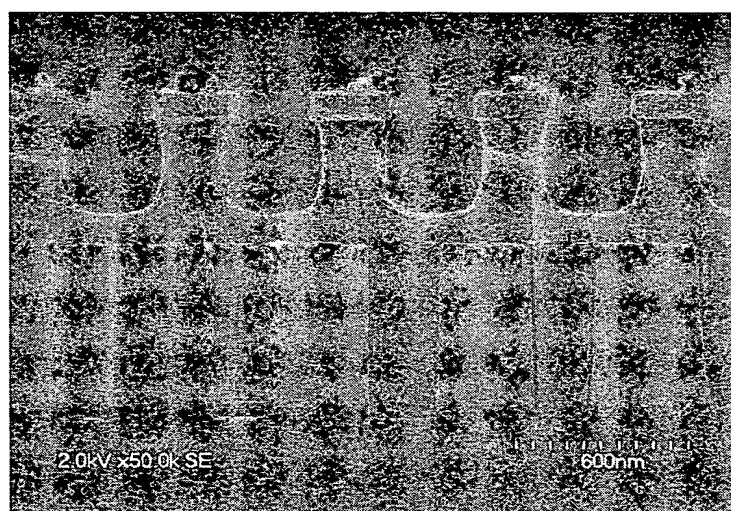


【図 9】

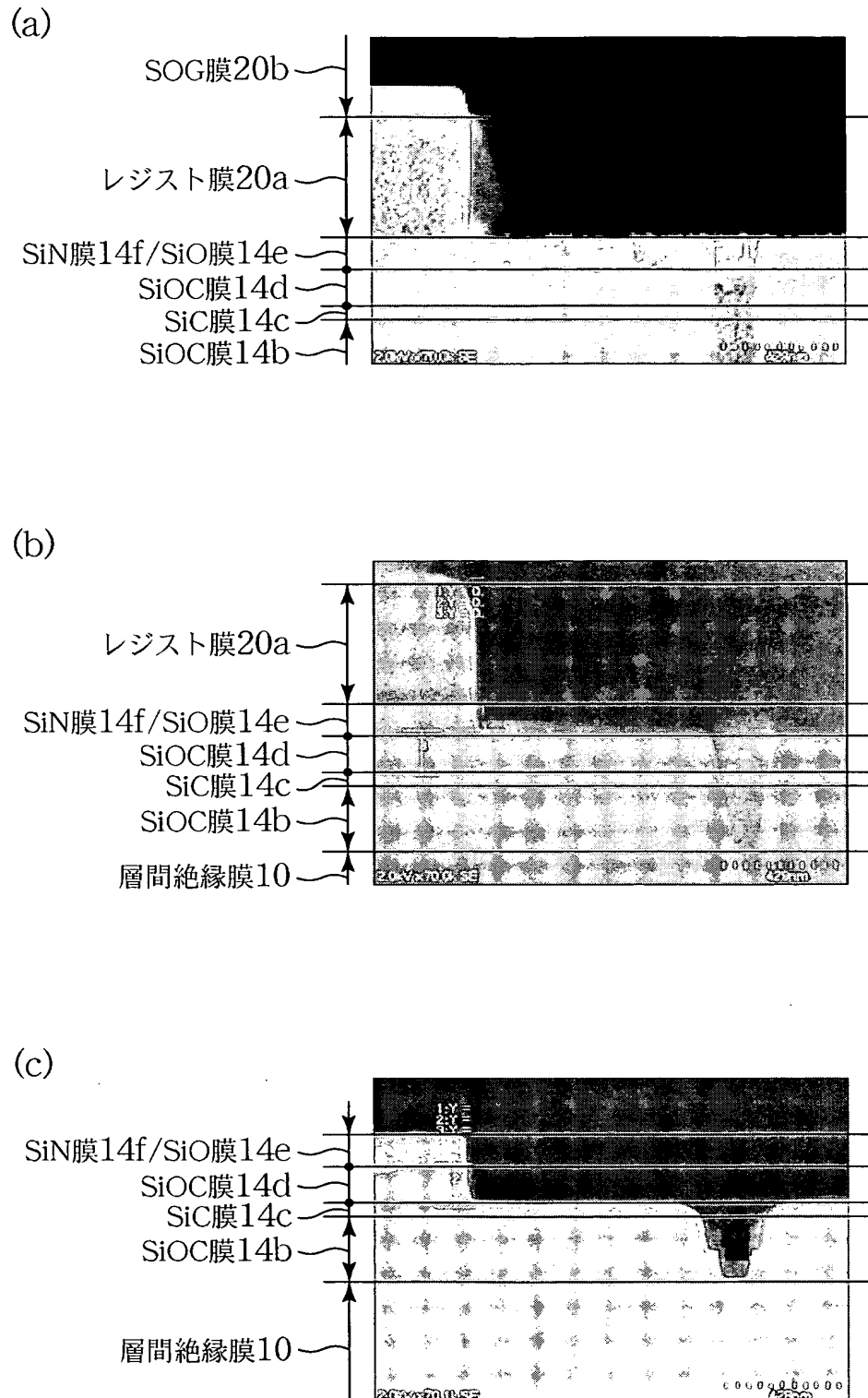
(a)



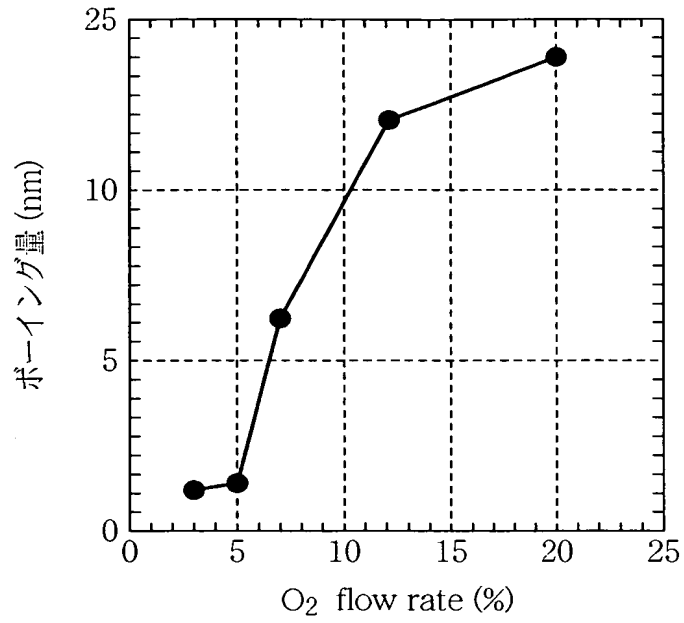
(b)



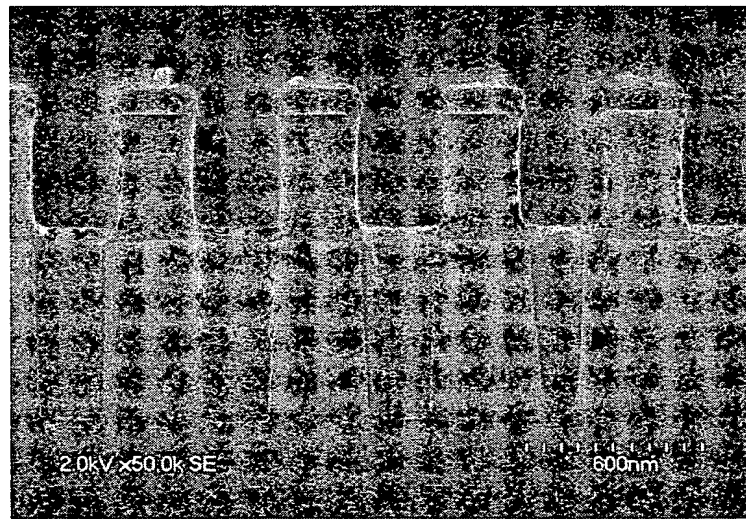
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 多層レジストプロセスを用いる半導体装置の製造方法に関し、下地構造にダメージを与えることなく下層レジスト膜をパターンニングし、この下層レジスト膜を用いて微細なパターンを制御性よく加工しうる半導体装置の製造方法を提供する。

**【解決手段】** 開口部 18 を有する絶縁膜 14 を形成する工程と、有機レジスト膜 20 a を形成する工程と、有機レジスト膜 20 a 上に、有機レジスト膜 20 a とエッチング特性の異なるマスク膜 20 b を形成する工程と、マスク膜 20 b に開口部を形成する工程と、マスク膜 20 b をマスクとして有機レジスト膜 20 a をエッチングする工程とを有し、有機レジスト膜をエッチングする工程では、窒素ガスと酸素ガスとを含む混合ガスを用いて有機レジスト膜 20 a をエッチングする。

**【選択図】** 図 4

特願 2 0 0 3 - 4 3 0 3 8 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社